

学校编码: 10384

学号: 200426041

分类号__密级__

UDC__

厦门大学

博 士 学 位 论 文

盐分条件下三种红树植物稳定碳同位素组成
特征研究

**Carbon stable isotope composition in three mangrove species
under salinity**

韦 莉 莉

指导教师姓名: 严重玲

专 业 名 称: 生态学

论文提交日期: 2007 年 05 月

论文答辩时间: 2007 年 07 月

学位授予日期:

答辩委员会主席: 黄维南 教授

评阅人: _____

2007 年 07 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式表明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（ ☒ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

目 录

第一章 前 言.....	XI
1.1 植物 $\delta^{13}\text{C}$ 值与土壤盐分的关系.....	XI
1.2 盐生条件下 C_3 植物 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化机制.....	- 4 -
1.2.1 植物生理活动对碳同位素产生的分馏效应.....	- 5 -
1.2.2 光合途径的转换对 $\delta^{13}\text{C}$ 值的影响.....	- 7 -
1.2.2.1 C_3 -CAM 兼性植物.....	- 7 -
1.2.2.2 C_3 - C_4 中间型植物.....	- 11 -
1.2.3 光合 CO_2 的来源对 $\delta^{13}\text{C}$ 值的影响.....	- 13 -
1.3 盐生条件下红树植物的光合特性.....	- 13 -
1.4 研究目的、内容及其意义.....	- 15 -
第二章 材料与方法.....	16
2.1 野外实验.....	16
2.1.1 试验地概况.....	16
2.1.2 样品采集.....	16
2.1.3 土壤性质测定.....	18
2.1.3.1 土壤含水量.....	18
2.1.3.2 土壤 pH 值.....	18
2.1.3.3 有机质含量.....	18
2.1.3.4 土壤盐度.....	18
2.1.4 样品碳同位素比值测定.....	19
2.1.5 统计分析.....	19
2.2 盆栽试验.....	20
2.2.1 试验一 桐花树幼苗的盆栽试验.....	20
2.2.1.1 试验设计及样品采集.....	20
2.2.1.2 有机酸提取及分析.....	20
2.2.1.3 统计分析.....	21
2.2.2 试验二 秋茄幼苗的盆栽试验.....	21
2.2.2.1 试验设计.....	21

2.2.2.2 光合测定.....	21
2.2.2.3 pH 值测定.....	21
2.2.2.4 统计分析.....	22
2.2.3 试验三 白骨壤幼苗的盆栽试验.....	22
2.2.3.1 试验设计.....	22
2.2.3.2 光合测定.....	23
2.2.3.3 pH 值测定.....	23
2.2.3.4 气孔密度测量.....	23
2.2.3.5 统计分析.....	24
第三章 结果与讨论.....	26
3.1 云霄红树林自然保护区三种主要红树植物的碳同位素组成特征.....	26
3.1.1 阳生叶和阴生叶 $\delta^{13}\text{C}$ 的差异.....	26
3.1.2 叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 与盐度的关系.....	27
3.1.3 小结.....	32
3.2 桐花树.....	33
3.2.1 桐花树叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 随盐度的变化.....	33
3.2.2 桐花树幼苗各器官的 $\delta^{13}\text{C}$ 及其与盐度的关系.....	37
3.2.3 苹果酸含量的昼夜变化.....	39
3.2.4 小结.....	42
3.3 秋茄.....	43
3.3.1 叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 随盐度的变化.....	43
3.3.2 光合特性.....	45
3.3.3 pH 值的变化.....	50
3.3.4 小结.....	52
3.4 白骨壤.....	54
3.4.1 叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 随盐度的变化.....	54
3.4.2 各器官的 $\delta^{13}\text{C}$ 及其与盐度的关系.....	55
3.4.3 光合特性.....	56
3.4.4 叶片 pH 的昼夜变化.....	62
3.4.5 小结.....	63

3.5 三种红树植物 $\delta^{13}\text{C}$ 及其耐盐性差异.....	64
第四章 结论及展望.....	68
4.1 结论.....	68
4.2 研究特色.....	69
4.3 存在问题及展望.....	70
[参考文献].....	72
致 谢	84

摘要

红树植物作为一类典型的盐土植物，一直是生理生态学以及污染生态学领域研究植物适应机制、尤其是应对极端生态环境的模式植物。红树植物在盐生条件下生理生态的特性得到广泛地研究。植物的稳定碳同位素组成（以 $\delta^{13}\text{C}$ 表示）是植物长期生理生态的综合响应指标，然而，关于红树植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与红树林特殊生境之间相关关系的研究却很少。过去的研究者通常认为盐土植物 $\delta^{13}\text{C}$ 对盐度的响应模式与非盐土植物相同。然而，通过对红树植物光合作用的研究结果的分析可知，大部分红树植物在盐生条件下的光合作用（ Pn ）和气孔导度（ Gs ）大于非盐生条件下的值。由于植物的 Pn 和 Gs 是决定植物 $\delta^{13}\text{C}$ 的主要参数，较高的 Gs 将引起 $\delta^{13}\text{C}$ 的增大。据此推测，红树植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 与盐度的关系与非盐土植物不同。本文以福建省分布的主要红树树种桐花树、秋茄和白骨壤为例，研究盐分条件下三种红树植物稳定碳同位素组成特征，为红树林研究的进一步开展提供基础数据。在此基础上，进一步探讨红树植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 是否可以作为不同种红树间耐盐性的指示指标。同时，结合其他分析手段和技术，分析盐分条件下红树植物 $\delta^{13}\text{C}$ 变化的原因，并试图探讨盐生环境下红树植物光合代谢途径是否发生转换。

实验包括一个野外试验和三个盆栽模拟试验，得到如下主要结论：

（1）生长于系列盐度下的桐花树和秋茄幼苗，叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 分别在 15‰ 和 20‰ 盐度下最低。在 0~15‰ 盐度范围内，桐花树叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 随盐度的增加而减小；在高于 15‰ 的盐度下，桐花树叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 随盐度的增加而增大。这种变化趋势随处理时间的延长而加剧，但是叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 在各盐度之间的差异不显著。其中，在高盐度（30‰）下生长长达 130 天的桐花树幼苗，叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 则明显降低，与同一盐度下生长 60 天的叶片相比， $\delta^{13}\text{C}$ 降低了 1.20‰。与桐花树幼苗的变化趋势相类似，在 0~20‰ 盐度范围内，秋茄叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 随盐度的增加而减小；在高于 20‰ 的盐度下，桐花树叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 随盐度的增加而增大。同样，随处理时间的延长，盐度对叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 的影响加剧，而且盐度之间的差异达到显著水平。综上所述，两种红树植物幼苗在最适盐度条件下，叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 最低；且这种变化趋势随着处理时间的延长而加剧。

（2）秋茄幼苗叶片的净光合速率和气孔导度随盐度的变化与叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 的变

化趋势正好相反。在 0~20‰的盐度下, P_n 和 G_s 随着盐度的增加而增大。表明在适宜盐度下气孔开度大于非盐分处理的叶片, 更多的 CO_2 进入叶片, 同时气孔对 C-13 歧视加强, 使吸收的 CO_2 含 C-13 的比例减小, 从而导致叶片 $\delta^{13}C$ 的降低。当盐度大于 20‰, 随着盐度的增加, P_n 和 G_s 减小。气孔对碳同位素的选择降低, 即对 C-13 的分馏效应降低, 因而叶片的 $\delta^{13}C$ 逐渐增大。由此可见, 在一定盐度范围内, 叶片 $\delta^{13}C$ 的变化主要是气孔调节的结果。

(3) 桐花树和秋茄幼苗有机酸含量或 pH 的昼夜差异均不显著, 表明两种红树幼苗在盐分条件下, 没有诱导发生 CAM 代谢。从两种红树的 $\delta^{13}C$ 变化范围来看, 桐花树的 $\delta^{13}C$ 在 -30.36~-26.55‰之间, 秋茄的 $\delta^{13}C$ 在 -31.96~-28.13‰之间, 属于典型的 C_3 植物。可见, 盐分条件下桐花树和秋茄幼苗没有发生光合代谢途径的转换。

(4) 在 0~30‰盐度下, 白骨壤幼苗的 $\delta^{13}C$ 随盐度的变化没有表现出显著的峰值, 各盐度之间的差异未达显著水平。从气体交换系统测定的结果来看, P_n 随盐度增加而降低, G_s 却随盐度的增加而增大。这与其他红树植物不同, 但是引起白骨壤 G_s 增大的原因不是气孔开度的增加而与气孔密度的增加有关。可见, 气孔调节不是白骨壤 $\delta^{13}C$ 变化的主要原因。从光合参数的分析可知, 羧化效率随盐度的增加而显著降低, 这可能是白骨壤叶片光合降低的原因之一。另外, 白骨壤叶片的光呼吸速率和 CO_2 补偿点随盐度的增加显著降低, 这些现象表明 C_4 代谢有所增强。这可能是引起白骨壤 $\delta^{13}C$ 变化的另一个重要原因。白骨壤叶片 pH 的昼夜差异不显著, 表明没有 CAM 代谢的发生。

(5) 桐花树幼苗叶和根的 $\delta^{13}C$ 随盐度的变化趋势一致, 而盐分似乎对茎的 $\delta^{13}C$ 没有产生影响。叶和茎的 $\delta^{13}C$ 差异很小, 并显著低于根的 $\delta^{13}C$ 。白骨壤幼苗五个部分(叶、茎的上部、茎的下部、根的上部和根的下部)的 $\delta^{13}C$ 依自然生长位置由叶向根依次增大, 且对盐度的响应模式基本一致。同一器官不同部分之间的差异显著, 而生长位置相邻的不同器官之间的差异不显著。这些现象表明, 器官之间 $\delta^{13}C$ 的差异与物质的运输过程有关。

(6) 在系列盐度下生长的桐花树幼苗, 叶片的 $\delta^{13}C$ 在 15‰盐度下最低。秋茄幼苗的叶片 $\delta^{13}C$ 在 20‰盐度下最低。表明 15‰和 20‰的盐度分别是桐花树和秋茄幼苗的最适生长盐度, 显然桐花树的最适生长盐度低于秋茄。可见, 红树植物叶片

的 $\delta^{13}\text{C}$ 可以用来比较不同种红树之间的耐盐性。这为不同种盐土植物之间耐盐性的比较提供了一种可行的方法。

关键词：桐花树；秋茄；白骨壤；盐度； $\delta^{13}\text{C}$

厦门大学博士论文摘要库

缩写:

$\delta^{13}\text{C}$	—稳定碳同位素比值（稳定碳同位素组成）
Δ	—稳定碳同位素分馏值（稳定碳同位素辨别值）
Ci	—胞间 CO_2 浓度
Ca	—大气 CO_2 浓度
Gs	—气孔导度
Gm	—叶肉导度
WUE	—水分利用效率
PEPCase	—磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶
RuBPCase	—核酮糖-1,5-二磷酸羧化酶/加氧酶
CAM	—景天酸科代谢途径
CA	—碳酐酸酶
NAD-ME	—NAD—苹果酸酶
NADP-ME	—NADP—苹果酸酶
NAD-MDH	—NAD—苹果酸脱氢酶
NADP-MDH	—NADP—苹果酸脱氢酶
PPDK	—丙酮酸磷酸激酶
SPII	—光系统 II
Pn	—饱和光强下的最大净光合速率；
LSP	—光饱和点；
LCP	—光补偿点；
AQY	—表观量子产额；
Rd	—暗呼吸速率；
Vm	—饱和 CO_2 浓度下的最大净光合速率；
Γ	— CO_2 补偿点；
CE	—羧化效率；
Rp	—光呼吸速率。

Abstract

Mangrove plant, as a typical halophytic species, their ecological response to salinity has been widely studied. But little is know of the correlations between stable carbon isotope composition (presented by convention as $\delta^{13}\text{C}$) and salinity, even though plant $\delta^{13}\text{C}$ have been thought to be an index of reflection of the integrated response of physiological characteristic to environmental factors. $\delta^{13}\text{C}$ in plant tissues is correlated with their intrinsic salt tolerances, leading to varied patterns of $\delta^{13}\text{C}$ in different plants species or different parts of a certain plant. Previous studies showed that halophytic species had a similar pattern of $\delta^{13}\text{C}$ variation as compared with nonhalophytic species. From the model of Farquhar et al. (1982) expression for discrimination in leaves of C_3 plants, variation in plant $\delta^{13}\text{C}$ is mainly associated with stomatal and photosynthetic effects. However, the patterns of CO_2 exchange properties have been shown to be different between halophytic and nonhalophytic species as affected by salinity. Therefore, I hypothesized that the correlation between $\delta^{13}\text{C}$ and salinity for mangrove plants differ from nonhalophytic species. To test the hypothesis, $\delta^{13}\text{C}$ variation of three dominant mangrove species in Fujian province under salinity were studied. Based on the primary results, I discussed whether $\delta^{13}\text{C}$ could be used to compare the salt tolerance between mangrove plants belonging of different species. In addition, I tried to explore the mechanism of $\delta^{13}\text{C}$ changes of mangrove plants induced by salinity, and to determine the photosynthetic pathway of mangrove species under salinity using the stable isotope technique combined with gas exchange measurements and other relative technique.

Following are the major conclusion:

- i) Leaf $\delta^{13}\text{C}$ exhibited special patterns in *A. corniculatum* and *K. candel* as response to salinity. In *A. corniculatum*, an increase in salinity from 0 to 15‰ induced reduction in leaf $\delta^{13}\text{C}$; while as salinity above 15‰, leaf $\delta^{13}\text{C}$ increased. The similar pattern was also found in *K. candel*, but the maximum values of leaf $\delta^{13}\text{C}$ occurred at 20‰. These changes became more pronounced for long time treated with salinity, although the differences between salt treatments were non-significant for *A.*

corniculatum. These results indicate that the patterns of leaf $\delta^{13}\text{C}$ in *A. corniculatum* and *K. candel* differ from those in nonhalophyte, these two species showed the lowest $\delta^{13}\text{C}$ at the optimum salinity. In *A. corniculatum*, a great lower leaf $\delta^{13}\text{C}$ were observed in 130-d samples relative to 60-d samples at high salinity (30‰).

ii) The patterns of photosynthetic parameters including net photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (Gs), transpiration rate (Tr), and intercellular CO_2 concentration (Ci) were opposite to leaf $\delta^{13}\text{C}$. As salinity increased from 0 to 20‰, Pn, Gs and Tr increased, revealing that the decrease in leaf $\delta^{13}\text{C}$ was caused by stomatal opening; while as salinity higher than 20‰, these parameters decreased, which resulted in an increase in leaf $\delta^{13}\text{C}$. Therefore, it could be concluded that changes in leaf $\delta^{13}\text{C}$ of these two mangrove species mainly resulted by stomatal adjustment as affected by salinity.

iii) There was no significant differences in malic acid content of *A. corniculatum* or pH value of *K. candel* between day and night, revealing that theses two species have not been induced into crassulacean acid metabolism by salinity. The values of $\delta^{13}\text{C}$ in *A. corniculatum* and *K. candel* were $-30.36 \sim -26.55\text{‰}$ and $-31.96 \sim -28.13\text{‰}$ respectively, which were within the range of C_3 plants. Therefore, it could be concluded that these two mangrove species are typical C_3 plants.

iv) Unlike in the case of *A. corniculatum* and *K. candel*, the changes in leaf $\delta^{13}\text{C}$ of *A. marina* always increased as salinity increased from 0 to 35‰, but the differences between salinity were not significant. Pn decreased with increasing salinity, while Gs increased. An increase in Gs paralleled the increase of stomatal density, indicating that the increase of Gs was the result of increasing stomatal density but not of the stomatal opening. The reduction in carboxylation efficiency (CE) was also detected and which maybe one reason for Pn prohibition. In addition, the decrease of photorespiration (Rp) and CO_2 compensation point (Γ) indicated that C_4 photosynthetic metabolism increased to some extent. The differences in pH between day and night were not significant, indicating no CAM occurred. Summary, $\delta^{13}\text{C}$ variation is correlated with depression of Pn and CE, and the enhanced C_4 photosynthesis which maybe also an important factor in contribution to the tolerance of the species to high salinity.

v) In *A. corniculatum*, root and leaf exhibited quite similar response patterns in $\delta^{13}\text{C}$ to salinity, but $\delta^{13}\text{C}$ in stem showed less variation. $\delta^{13}\text{C}$ in both stem and leaf were significant lower than in root. $\delta^{13}\text{C}$ in seedling parts in *A. marina* increased followed the order of leaf < above-stem < below-stem < above-root < below-root. The similar variation patterns in $\delta^{13}\text{C}$ were observed in various seedling parts. It is interesting noted that different parts of one seedling organ showed significant difference in $\delta^{13}\text{C}$; while, $\delta^{13}\text{C}$ in different organs linked together showed non-significant differences. It is suggested that the differences between plant parts are correlated with the discrimination to C-13 during transport processes.

vi) The difference in optimum salinity of *A. corniculatum* and *K. candel* inferred by leaf $\delta^{13}\text{C}$ provides a feasible method for comparing salt tolerance between plants of different species, and it is useful for mangrove restoration.

Keywords: *Aegiceras corniculatum*; *Kandelia candel*; *Avicennia marina*; salinity; $\delta^{13}\text{C}$

Abbreviations:

$\delta^{13}\text{C}$	— stable carbon isotope composition (stable carbon isotope ratio)
Δ	— stable carbon isotope discrimination
Ci	— intercellular CO_2 concentration
Ca	— ambient CO_2 concentration
Gs	— stomatal conductance
Gm	— mesophyll conductance
WUE	— water use efficiency
PEPCase	— Phosphoenolpyruvate carboxylase
RuBPCase	— ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase
CAM	— Crassulacean Acid Metabolism
CA	— carbonic anhydrase
NAD-ME	— NAD-malic enzyme
NADP-ME	— NADP-malic enzyme
NAD-MDH	— NAD-malate dehydrogenase
NADP-MDH	— NADP-malate dehydrogenase
PPDK	— Di dikinase
SPII	— photosystem II
Pn	— maximum of net photosynthetic rate at light saturation point
LSP	— light saturation point
LCP	— light compensation point
AQY	— apparent quantum yield
Rd	— respiration rate in the dark
Vm	— maximum of net photosynthetic rate at CO_2 saturation point
Γ	— CO_2 compensation point
CE	— carboxylation efficiency
Rp	— photosynthetic rate at light

第一章 前言

1.1 植物 $\delta^{13}\text{C}$ 值与土壤盐分的关系

土壤盐分通过改变植物叶片的气孔导度、光合作用、蒸腾效率等一系列生理反应而改变植物稳定碳同位素组成（通常以碳同位素比值的形式表示，即 $\delta^{13}\text{C}$ ）。植物组织的 $\delta^{13}\text{C}$ 值随盐度的变化与植物本身的耐盐性有关，不同器官的表现也存在差异。虽然大量的实验结果表明植物稳定碳同位素组成能够反映植物生理生化过程对盐分的综合响应，然而，目前关于土壤盐分与植物 $\delta^{13}\text{C}$ 之间的相关性研究尚未得到一致结果。

植物组织的碳同位素组成（ $\delta^{13}\text{C}$ ）值或同位素分馏值（ Δ ）对土壤盐度的响应已有报道（表 1-1）。Farquhar 等^[1]综述了盐分对 Δ 值的影响，并认为无论是盐土植物还是非盐土植物，其 Δ 均随着盐度的增加而减小，即植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 随盐度的增加而增大。后来开展的大部分实验，结果与上述一致，即 $\delta^{13}\text{C}$ 与盐度之间存在显著线性正相关关系，随着盐度的增加植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值增大。这些植物包括非盐土植物小麦（*Triticum aestivum*）、大麦（*Hordeum vulgare*）、水稻（*Oryza sativa*），耐盐性植物桉树（*Eucalyptus raveretiana*, *E. spathulata*, *E. sargentii* 和 *E. loxophleba*）以及盐土植物冰叶日中花（*Mesembryanthemum crystallinum*）等。然而，有些植物，如胡萝卜（*Daucus carota*）、亮叶白骨壤（*Avicennia germinans*）等其 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化与盐度之间没有表现出明显的相关性。不同的红树植物，其 $\delta^{13}\text{C}$ 值与盐度的关系也不一致。如秋茄（*Kandelia candel*）、草海桐（*Scaevola sericea*）、白红树（*Laguncularia racemosa*）等的 $\delta^{13}\text{C}$ 值随盐度的增加而增大。而生长于 0、18 和 45‰ 海水（约相当于 0、6、16‰）中的黑红树（*Avicennia germinans*）和大红树（*Rhizophora mangle*），其纤维素的 $\delta^{13}\text{C}$ 与盐度之间没有直接的相关性。与其他植物不同的是，在湿地生长的芦苇（*Phragmites australis*），茎叶的 $\delta^{13}\text{C}$ 与土壤盐度之间呈非线性关系。

表 1-1 植物 $\delta^{13}\text{C}$ 值与土壤盐度的关系Tab 1-1 Relationship between $\delta^{13}\text{C}$ and salinity

物种 Species	耐盐性 Salinity tolerance	处理 盐度 Salinity	处理 时间 Duration of trial	$\delta^{13}\text{C}$ 与盐度 的关系 Relationship between $\delta^{13}\text{C}$ and salinity	参考文献 Reference
棉花 ^[2] <i>Gossypium hirsutum</i>	耐盐的非 盐生植物	0, 50, 250 mM (约相当于 0, 3, 15‰)	52 天	正相关关系 ($\Delta^{13}\text{C}$ 与盐度 成负线性关 系)	Brugnoli & Lauteri, 1991
大豆 ^[2] <i>Phaseolus vulgaris</i>	不耐盐的 非盐生植 物	0, 50, 150 mM (约相当于 0, 3, 9‰)	37 天	正相关关系 ($\Delta^{13}\text{C}$ 与盐度 成负线性关 系)	Brugnoli & Lauteri, 1991
水稻 ^[3] <i>Oryza sativa</i>	中等盐敏 感性作物	4 和 6 dS·m (约相当于 3, 4‰)	10 和 13 天	正相关关系 ($\Delta^{13}\text{C}$ 与盐度 成负线性关 系)	Shaheen & Hood-Nowotn y (2005a)
不同基因型水稻 ^[4] <i>Oryza sativa</i>	不同耐盐 性	1 和 8 dS·m (约相当于 0.6, 5‰)	25 或 33 天	处理 33d 表现 出正相关关 系; 而 25d 时 没有表现出明 显的相关性*	Poss et al. (2004)
阿月浑子树 ^[5] <i>Pistacia vera</i>	甜土植物	0, 75, 150, 225 mM (约相当 于 0, 4, 9, 13‰)	30 天, 60 天	正相关关系 (叶、茎、根)	Hokmabadi et al. (2005)
胡萝卜 ^[6] <i>Daucus carota</i>	甜土植物	1~80 mM (约 相当于 0~5‰)	56 天	呈线性正相关 关系, 但是相 关性不显著*	Gibberd et al. (2002)
杂交番杏属植物 ^[7] <i>Carpobrotus</i>	甜土植物	0, 10, 20, 50% 的海水 (约相当于 0, 4, 7, 18‰)	9 个月	正相关关系 (变化范围 -28~-22‰)	Weber & D'Antonio (1999)
四种类型小麦 ^[8] <i>Triticum aestivum</i>	耐盐(前两 种) 和耐旱(后 两种)	8, 12, 16 dS·m (约相当 于 5, 8, 10‰)	从秧苗到 灌浆期	正相关关系	Shaheen & Hood-Nowotn y (2005b)
小麦 ^[9] <i>Triticum</i>	不同耐盐 性	50, 100 mmol·L (约	21 天	正相关关系	Ouerghi et al. (2000)

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库